

EL 32755189205  
**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



A4 P2  
4/29/02

JG903 U.S. PRO  
09/905503  
07/13/01

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 100 34 390.2

**Anmeldetag:** 14. Juli 2000

**Anmelder/Inhaber:** EADS Deutschland GmbH, München/DE;  
Kistler Holding AG, Winterthur/CH.  
Erstanmelder: DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Drucksensor und Verfahren zu seiner Herstellung,  
sowie Verbrennungskraftmaschine mit Drucksensor

**IPC:** G 01 L 9/06

Die gehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Juni 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**

Im Auftrag

Wallner

**Drucksens r und Verfahren zu seiner Herstellung, sowie  
Verbrennungskraftmaschin mit Drucksensor**

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drucksensor gemäß dem Oberbegriff von

5 Patentanspruch 1, ein Verfahren zur Herstellung eines Drucksensors, sowie eine  
Verbrennungskraftmaschine mit einem Drucksensor.

Drucksensoren werden in verschiedenen Bereichen der Technik eingesetzt, um Drücke  
von Gasen oder Flüssigkeiten zu messen. Die Drucksensoren sind oftmals hohen

10 Belastungen ausgesetzt, die von dem augenblicklichen Zustand des Mediums abhängen, in  
dem die Messung durchgeführt wird. Oftmals unterscheiden sich die auf den Drucksensor  
wirkenden Drücke erheblich. Ein Drucksensor muss daher einerseits hohen Belastungen  
standhalten, und er soll andererseits genaue Messergebnisse liefern.

15 Bekannte Drucksensoren haben eine Membran, die sich bei einer Druckdifferenz auf  
beiden Seiten der Membran verformt. Durch piezoelektrische Elemente, die auf einer Seite  
der Membran angeordnet sind, wird die Verformung der Membran gemessen.

20 Besonders bei großen Druck- oder Temperaturbelastungen besteht das Problem, dass sich  
die Membran des Drucksensors verspannt oder sich in ihrem Rahmen oder ihrer  
Aufhängung verzieht. Die Folge sind ungenaue Messungen oder verfälschte  
Messergebnisse, die insbesondere bei großen Druck- oder Temperaturschwankungen  
auftreten.

25 Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Drucksensor zu schaffen, der  
genaue Messergebnisse liefert und so ausgelegt werden kann, dass er hohen Drücken  
standhält und selbst bei großen Druck- oder Temperaturunterschieden zuverlässig  
arbeitet. Weiterhin soll ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Drucksensors  
angegeben werden, das mit möglichst geringem Aufwand kostengünstig durchgeführt  
30 werden kann. Gemäß einem weiteren Aspekt soll eine Verbrennungskraftmaschine  
geschaffen werden, die eine reduzierte Schadstoffemission und/oder einen verbesserten  
Wirkungsgrad erreicht.

Diese Aufgabe wird gelöst durch den Drucksensor gemäß Patentanspruch 1, durch das Verfahren zur Herstellung eines Drucksensors gemäß Patentanspruch 16, durch die Verwendung eines Drucksensors gemäß Patentanspruch 21, und durch die

5 Verbrennungskraftmaschine gemäß Patentanspruch 22. Weitere vorteilhafte Merkmale, Aspekte und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Merkmale und Aspekte, die im Zusammenhang mit dem Drucksensor beschrieben werden, gelten auch für das Verfahren zu seiner Herstellung, ebenso wie Merkmale und Aspekte des Verfahrens auch für den Drucksensor

10 gelten.

Der erfindungsgemäße Drucksensor umfasst ein Gehäuse, dessen Innenraum durch eine Membran verschlossen ist, Mittel zur Erzeugung eines Signals bei einer Verformung der Membran, und weiterhin ein flexibles Messelement, das zusätzlich zur Membran bzw.

15 getrennt von der Membran angeordnet und an die Membran gekoppelt ist, wobei die Mittel zur Signalerzeugung an das flexible Messelement gekoppelt sind um bei dessen Verformung das Messsignal zu erzeugen.

Durch die erfindungsgemäße Lösung wird erreicht, dass die Messergebnisse nicht durch

20 auftretende Verspannungen der Membran verfälscht werden. Durch das zusätzliche, flexible Messelement, das separat bzw. getrennt zur Membran angeordnet ist, können selbst bei einer verspannten oder in sich verzogenen Membran noch relativ genaue Messergebnisse erzielt werden. Selbst bei großen Drücken bzw. Druckunterschieden und/oder bei stark wechselnden Temperaturen kann der Drucksensor genaue und

25 zuverlässige Messungen durchführen, wobei er darüberhinaus noch eine erhöhte Lebensdauer besitzt.

Vorteilhafterweise ist das Messelement z.B. ein biegbaren Balken, dessen eines Ende frei schwebt. Dadurch kann eine Verformung der Membran, die durch einen auf die Membran wirkenden Druck erzeugt wird, auf den biegbaren Balken übertragen und dort getrennt von der Verformung der Membran aufgenommen bzw. gemessen werden. Das Mess- oder

Verformungselement kann z.B. auch zungenartig ausgebildet sein. Die Erzeugung des Messsignals wird durch die Verformung des Messelements verursacht.

Der Balken kann bei ungewünschten Verspannungen relaxieren. Dadurch werden die Messergebnisse nicht verfälscht.

5 Bevorzugt umfasst der Drucksensor weiterhin ein Anschlagelement, das bei einer definierten Verformung des Messelements der Verformungskraft entgegenwirkt. Dadurch wird ein Überlastungsschutz gegenüber hohen Drücken erzielt, wobei der Überlastungsschutz unabhängig vom Ausgangssignal ist. D.h., das Messelement kann für große Empfindlichkeiten ausgelegt werden und dennoch relativ großen Drücken standhalten. Somit tritt auch bei großen Druckbelastungen kein Empfindlichkeitsverlust am Messelement auf. Auch kann der Drucksensor unter hohen Druckbelastungen den anliegenden Druck messen, ohne dass die Gefahr einer Zerstörung des Messelements besteht. Das Anschlagelement kann starr sein, so dass bei Erreichen des Anschlags keine weitere Verbiegung oder Verformung des Messelements mehr stattfindet, oder es kann 10 biegsam bzw. flexibel ausgebildet sein.

15

Bevorzugt ist das Anschlagelement als ein zweites flexibles Messelement ausgestaltet, das z.B. härter oder biegesteifer als das erste Messelement ist. Dadurch hat der Drucksensor mehrere Messbereiche und ist beispielsweise zur Messung im Niederdruckbereich und ebenfalls bzw. gleichzeitig zur Messung im Hochdruckbereich geeignet. Bei relativ niedrigen Drücken wird zunächst nur das erste Messelement verformt. Ab einer definierten Verformung des ersten Messelements erfolgt zusätzlich eine Verformung des Anschlagelements bzw. zweiten flexiblen Messelements.

20

25 Auf Grund des größeren Widerstands des Anschlagelements bzw. zweiten Messelements erfährt das erste Messelement auch bei anliegenden hohen Drücken nur noch eine geringfügige weitere Verbiegung bzw. Verformung, so dass es vor einer Überlastung geschützt ist. D.h., eine weitere Verformung des ersten und des steiferen zweiten Messelements ist ab einem definierten Druck erst bei relativ hohen Drücken möglich.

30 Somit erschließt das zweite Messelement einen weiteren Messbereich für relativ hohe Drücke.

Das Anschlagelement kann als halboffene Membran ausgestaltet sein, oder es kann zungenartig bzw. ein biegbaren Balken sein, dessen Ende z.B. frei schwebt. Insbesondere ist das Anschlagelement an einem Ende befestigt. Es kann ähnlich oder genauso wie das erste Messelement ausgebildet sein.

5

Vorteilhafterweise ist das erste Messelement und/oder das zweite Messelement mit ein oder mehreren piezoelektrischen Elementen als Signalerzeugungsmittel versehen. Die Signalerzeugungsmittel können z. B. Piezowiderstände sein, die bevorzugt zu einer Wheatstone Brücke verschaltet sind.

10

Bevorzugt umfasst der Drucksensor ein verformbares Übertragungselement zur Kraftübertragung zwischen der Membran und dem Messelement und/oder dem Anschlagelement. Vorteilhafterweise hat das Übertragungselement eine definierte Elastizität oder Biegesteifigkeit. Über seine Steifigkeit oder Härte wird beispielsweise der 15 Messbereich oder werden die Messbereiche des Drucksensors bestimmt. Dadurch ist es möglich, mit einem relativ weichen Messelement, das eine hohe Empfindlichkeit hat, Messungen bei relativ großen an der Membran anliegenden Drücken durchzuführen.

Vorteilhafterweise ist das Übertragungselement als Membran und/oder als Chip

20 ausgestaltet, und seine Dicke ist bevorzugt zur Bestimmung des Messbereichs oder der Messbereiche des Drucksensors definiert. D.h., der Messbereich oder die Messbereiche des Drucksensors können gesteuert werden, indem die Dicke des Übertragungselements bzw. der Übertragungsmembran variiert bzw. definiert eingestellt wird.

25 Vorzugsweise ist das Übertragungselement steifer ausgeführt als die Membran bzw. Stahlmembran. Daher übertragen sich Justagegenauigkeiten beim Einbau entsprechend schwächer auf das Übertragungselement als auf die Membran. Die Stahlmembran bzw. Membran wird stärker nach außen gewölbt als das Übertragungselement nach innen.

30 Das erste Messelement und/oder das zweite Messelement ist bevorzugt als Balken bzw. Zunge in einem Chip ausgestaltet, wobei die beiden Messelemente vorteilhafterweise in einem einzigen Chip ausgestaltet sind, der somit einen Messchip bildet.

Der Drucksensor hat vorteilhafterweise mindestens zwei Messbereiche, wobei der erste Messbereich beispielsweise 0 bis 20 bar, bevorzugt 0 bis 10 bar und insbesondere bevorzugt 0 bis 2 bar abdeckt, während der zweite Meßbereich beispielsweise 0 bis 300 bar, bevorzugt 0 bis 250 bar und insbesondere bevorzugt 0 bis 200 bar abdeckt.

Bevorzugt hat der Drucksensor einen Überlastungsschutz, der z. B. im Bereich von ca. 250 bar liegen kann.

10 Vorteilhafterweise ist die verformbare bzw. flexible Membran aus Stahl gefertigt. Dadurch ist eine besonders gute und feste Anbindung der Membran an das Gehäuse möglich, die beispielsweise durch Schweißen erfolgen kann. Bei einer Verwendung von Stahl bzw. Metall als Material für die Membran und das Gehäuse passen zudem die thermischen Koeffizienten sehr gut zueinander, so dass auch bei unterschiedlichen Temperaturen oder

15 Temperaturschwankungen eine hohe Messgenauigkeit und Stabilität gegeben ist.

20 Vorteilhafterweise ist mindestens eines der Elemente des Drucksensors, beispielsweise Membran, Übertragungselement, Messelement oder/oder Anschlagelement, mit einem Vorhalt gefertigt, um bei der Kopplung Fertigungstoleranzen auszugleichen, wobei die Membran aufgrund des Vorhalts leicht nach außen gewölbt ist.

25 Weiterhin wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Drucksensors angegeben, mit den Schritten: Bereitstellen eines Gehäuses mit einem Innenraum, der durch eine Membran verschlossen oder verschließbar ist; Bereitstellen einer Tragestruktur, die z.B. auf ihrer Oberseite mindestens ein biegbares bzw. flexibles Messelement trägt; Einbringen der Tragestruktur mit dem biegbaren Messelement in das Gehäuse; und Verschließen des Innenraums. Mit diesem Verfahren kann auf relativ einfache und damit kostengünstige Weise ein Drucksensor mit hoher Messgenauigkeit hergestellt werden. Das Verfahren dient insbesondere zur Herstellung eines

30 erfindungsgemäßen Drucksensors, wie er eingangs allgemein beschrieben wurde.

Bevorzugt wird auf der Tragestruktur bzw. deren Oberseite ein Anschlagelement oder ein zweites biegbares Messelement angeordnet, das im eingebauten Zustand ab einem vorgegebenen Druck auf die Membran einer Verformungskraft entgegen wirkt.

- 5 Vorteilhafterweise werden bei der Herstellung Fertigungstoleranzen durch einen Vorhalt ausgeglichen, und die Membran wird z.B. durch das Übertragungselement oder ein anderes Bauteil leicht nach außen gedrückt. Dadurch kann auch bei einer Ungenauigkeit der Bauteile eine große Genauigkeit über den gesamten Messbereich erreicht werden.
- 10 Insbesondere kann z.B. nach dem Einschieben bzw. Einbringen der Tragestruktur eine Fixierung der Tragestruktur bzw. Grundplatte erfolgen, bevorzugt mittels einer Hülse oder eines Rings. Vorteilhafterweise wird die Membran mit dem Gehäuse verschweisst.

- 15 Insgesamt kann der erfindungsgemäße Drucksensor unter hohen Druckbelastungen den anliegenden Druck mit großer Genauigkeit messen. Er kann so ausgestaltet sein, dass gleichzeitig hohe und niedrige Drücke gemessen werden können, wobei der Drucksensor darüberhinaus im Niederdruckbereich eine gute Auflösung besitzt. Ohne aufwendige zusätzliche Mittel, wie beispielsweise unterschiedliche Verstärkerelektroniken, sind Messungen im Hoch- und Niederdruckbereich durchführbar. Der Aufwand und die Kosten
- 20 sind reduziert, da insbesondere keine Bereichsumschaltung notwendig ist. Hinzu kommt, dass der Drucksensor nur einen geringen Bauraum benötigt.

- 25 Eine mögliche Anwendung besteht beispielsweise darin, in einer Brennkraftmaschine den Brennraumdruck oder Zylinderdruck zu bestimmen, um in Verbindung mit einer geeigneten Steuerung eine effektivere Verbrennung bzw. einen verbesserten Wirkungsgrad zu erreichen. Beispielsweise wird der Druck beim Ansaug- oder Ausstoßtakt genau gemessen, wobei der Drucksensor gleichzeitig den hohen Drücken, die beim Verbrennungsvorgang im Brennraum auftreten, standhält. Dabei kann jede derartige Maschine, beispielsweise ein Otto oder Dieselmotor, einen solchen Drucksensor umfassen. Der Drucksensor kann z.B.
- 30 in der Wandung eines Zylinders eines Motors angeordnet sein.

Nachfolgend werden einige bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand der Figuren beispielhaft beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine Schnittansicht in schematischer Darstellung durch einen erfindungsgemäßen Drucksensor als bevorzugte Ausführungsform der Erfindung;

Figur 2 eine schematische Ansicht von oben auf einen Messchip des erfindungsgemäßen Drucksensors mit zwei Messelementen;

Figur 3 ein Übertragungselement in Form eines Chips in schematischer, perspektivischer Darstellung;

Figur 4 a-c eine schematische Schnittansicht durch einen Drucksensor gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, in drei verschiedenen Zuständen;

Figur 5 eine schematische Ansicht von oben auf einen Messchip des Drucksensors mit einer halboffenen Membran als zweites Messelement, gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung; und

Figur 6 eine schematische Schnittansicht durch den Messchip von Figur 5 entlang der Linie A – A'.

Figur 1 zeigt einen Drucksensor 10 schematisch in einer Schnittansicht. Der Drucksensor 10 hat ein Gehäuse 11, das einen Innenraum 12 umschließt. An seiner Oberseite hat der Drucksensor 10 eine Membran 13, die den Innenraum 12 von oben verschließt. In dem Innenraum 12 befindet sich unterhalb der Membran 13 ein separates Messelement 20, das mechanisch an die Membran 13 gekoppelt ist und von der Membran 13 räumlich getrennt ist. Bei einer Druckdifferenz zwischen Außenraum und Innenraum erfolgt eine Verformung der Membran 13 und durch die Kopplung zugleich eine Verformung des an die Membran 13 gekoppelten Messelements 20.

Ein Übertragungselement 30, das zwischen der Membran 13 und dem Messelement 20 angeordnet ist, dient dazu, eine auf die Membran 13 von außen ausgeübte Kraft auf das Messelement 20 zu übertragen. Eine Erhebung bzw. ein Vorsprung auf der Oberseite des Übertragungselementes 30, die sich im Zentrum befindet, dient zur mechanischen

5 Kopplung des Übertragungselementes 30 an die Membran 13, wobei sich noch eine Verdickung 42 aus Stahl zwischen der Erhebung und der Membran 13 befindet. Die Verdickung 42 bildet eine Centerboss Struktur bzw. ein Übertragungselement um bei einer Druckwirkung von außen auf die Membran 13 die Kraft auf das Übertragungselement 30 zu übertragen. Das Übertragungselement 30 ist ebenfalls als Membran ausgebildet, die

10 randlich fixiert ist und deren Zentrum auslenkbar ist.

Das Übertragungselement 30 mit seiner runden Form hat einen Randbereich 23, der dicker ausgestaltet ist als die daran angrenzenden Bereiche und sich nach unten hin erstreckt, so dass das Übertragungselement 30 beabstandet von einem darunterliegenden

15 Chip 38 angeordnet ist, wobei nur ein Bereich 31 im Zentrum des Übertragungselementes 30 das Messelement 20 berührt.

Das Übertragungselement muß jedoch nicht rund sein, es kann z.B. auch rechteckig, quadratisch oder elliptisch ausgeführt sein.

Auf der Seite des Übertragungselementes 30, auf der sich das Messelement 20 befindet, ist

20 weiterhin ein Anschlagelement 35 angeordnet. Das Anschlagelement 35 hat jedoch im Gegensatz zum Messelement 20 einen Abstand d zu dem Bereich 31 des

Übertragungselementes 30. Der Abstand d ist so groß gewählt, dass das Anschlagelement

25 35 mit dem Bereich 31 erst ab einem bestimmten Druck von außen auf die Membran 13 in Kontakt gerät. D. h., erst ab einer definierten Verformung des Messelements 20 berührt der Bereich 31 das Anschlagelement 35. Damit wird eine weitere Verbiegung des Messelements 20 verhindert, oder sie ist nur mit einem erhöhten Kraftaufwand bzw. Druck auf die Membran 13 möglich.

In der hier gezeigten Ausführungsform ist das Anschlagelement 35, ebenso wie das

30 Messelement 20, flexibel bzw. als biegsamer Balken ausgestaltet. Es kann aber auch starr ausgebildet sein, um als reiner Überlastungsschutz zu dienen.

Das Messelement 20 und das Anschlagelement 35 sind auf einer Grundplatte 40 bzw.

Tragestruktur angeordnet, die eine elektrische Durchführung bildet. Die elektrische Durchführung verschließt das zylindrische Gehäuse 11 druckdicht von unten, d.h. von derjenigen Seite, die der Membran 13 gegenüberliegt. Die Grundplatte 40 hat einen

5 runden Querschnitt zur genauen Anpassung an die Innenseite der Wandung des zylindrischen Gehäuses 11. In der Grundplatte 40 bzw. elektrischen Durchführung ist eine Hülse 41 vorgesehen, durch die eine elektrische Verbindung bzw. Leitung 41a druckdicht in den Innenraum 12 zum Messelement 20 und gegebenenfalls zum Anschlagelement 35 geführt wird.

10

Das Messelement 20 und das Anschlagelement 35 sind Bestandteile des Chips 38, der bevorzugt aus Silizium gefertigt ist. Es sind aber auch andere für diesen Zweck geeignete Materialien verwendbar. Die Chipoberfläche und die Oberfläche des Messelements 20 sind auf gleichem Niveau, während ein Bereich des Chips 38 demgegenüber eine tieferliegende

15 Oberfläche hat und dadurch das Anschlagelement 35 bildet, das mit dem Bereich 31 des Übertragungselement 20 erst ab einem bestimmten von außen auf die Membran 13 wirkenden Druck in Kontakt gerät. Es ist aber genauso möglich, das Messelement 20 und das Anschlagelement 35 auf gleichem Niveau auszustalten und am Übertragungselement 30 Abstufungen bzw. unterschiedliche Niveaus vorzusehen, damit 20 das Übertragungselement 30 erst ab einem bestimmten Druck mit dem Anschlagelement 35 in Kontakt gerät.

Das Messelement 20 ist dünner als der übrige Chip 38 ausgestaltet, so dass es mit seinem vorderen Ende über der Grundplatte 40 frei schwebt und bei einer Krafteinwirkung von 25 oben durch das Übertragungselement 35 nach unten in Richtung zur Grundplatte 40 verbogen werden kann. Das als Biegebalken ausgestaltete piezoelektrische Messelement 20 ist z. B. für Messungen im Niederdruckbereich, beispielsweise im Bereich von 0 bis 10 bar bzw. bevorzugt 0 bis 2 bar, relativ dünn bzw. weich ausgestaltet, so dass seine Piezoelemente für diesen Bereich relativ geringen Drucks eine hohe Messgenauigkeit bzw. 30 Auflösung erzielen.

In der hier gezeigten Ausführungsform ist das Anschlagelement 35 im wesentlichen ähnlich oder gleich dem oben beschriebenen Messelement 20 als Balken oder Zunge ausgebildet, jedoch mit einer größeren Härte bzw. Steifigkeit, was z.B. über die Länge und/oder die Breite einfach realisierbar ist. Es bildet ein zweites Messelement, das für

5 Messungen im Bereich höherer Drücke, beispielsweise im Bereich bis zu 300 bar, bevorzugt bis zu 200 bar, geeignet ist. Jedoch sind auch andere Bereiche möglich. Gleichzeitig dient es als Anschlag, wie oben beschrieben. In Kombination mit dem ersten Messelement 30 ergibt sich daher ein Niederdruckbereich von 0 bis 10 bar bzw. 0 bis 2 bar mit hoher Auflösung und ein Hochdruckbereich von 0 bis 300 bar bzw. 0 bis 200 bar

10 mit einer geringeren Auflösung. Somit hat der Sensor zwei verschiedene Messbereiche mit der jeweils bestmöglichen Auflösung.

In Figur 2 ist der Chip 38 schematisch gezeigt, in dem das Messelement 20 und das Anschlagelement 35 integriert bzw. ausgestaltet sind. Der Chip 38 ist mikromechanisch bzw. mikrotechnisch gefertigt. In einem Teilbereich des Chips 38 ist jeweils ein Balken bzw. eine Zunge zur Bildung des Messelements 20 und des Anschlagelements 35 herausstrukturiert. Auf beiden Seiten bzw. seitlich des Messelements 20 und des Anschlagelements 35 sind Ausnehmungen vorgesehen, die z. B. Stifte zum Drahtboden aufnehmen können.

20 Das Messelement 20 und das Anschlagelement 35 umfassen piezoelektrische Elemente bzw. Piezowiderstände 21, die zu einer Wheatstone Brücke verschaltet sind und Mittel zur Signalerzeugung bilden. Somit wird bei einer Verbiegung bzw. Verformung oder Dehnung des Messelements 20 bzw. des Anschlagelements 35 ein elektrisches Signal erzeugt.

25 Dabei ist die Signalerzeugung abhängig vom Grad der Verformung bzw. Dehnung des Messelements 20 bzw. des Anschlagelements 35, was wiederum durch den von aussen auf die Membran 13 wirkenden Druck verursacht wird.

30 Figur 3 zeigt das Übertragungselement 30 schematisch in einer perspektivischen Ansicht von unten. Das Übertragungselement 30 ist eine mikrotechnisch bzw. mikromechanisch gefertigte Membran, die in ihrem Zentrum auf ihrer Ober- und Unterseite jeweils eine Erhebung bzw. einen Vorsprung aufweist. Die Erhebung auf der Unterseite bildet den

Bereich 31, der mit dem Biegebalken bzw. piezoelektrischen Messelement 20 in Kontakt steht und dieses bei einer Druckkraft, die von oben auf die Membran 13 wirkt, nach unten hin verbiegt.

5 Die Dicke bzw. Steifigkeit des Übertragungselements 30 bzw. der Übertragungsmembran beeinflusst unmittelbar den Messbereich des Drucksensors. Somit kann durch Variation der Dicke des Übertragungselements 30 der Messbereich gesteuert werden. Durch das Übertragungselement 30 und das Anschlagelement 35 ergibt sich ein mehrfacher Überlastschutz für den Sensor, ohne dass ein Empfindlichkeitsverlust am Messchip bzw.

10 10 Messelement 20 eintritt. Der Überlastschutz ist dabei unabhängig vom Ausgangssignal und die Dehnung im Silizium-Biegebalken bzw. Messelement 20 kann bis an die Grenze erfolgen, so dass sich eine sehr hohe Empfindlichkeit ergibt.

Nachfolgend wird anhand von Fig. 4 a bis c das Funktionsprinzip des

15 Mehrbereichsdrucksensors gemäß einer weiteren Ausführungsform beschrieben.

Fig. 4a zeigt ohne Darstellung des Gehäuses einen Zustand ohne Druckbeaufschlagung. Die beiden Messelemente 20, 35 bzw. Verformungselemente sind nicht verformt.

20 20 Bei Anliegen eines Außendruckes, der größer ist als der Druck im Innenraum 12, wird die Membran 13 durch die Druckdifferenz nach unten bzw. zum Innenraum 12 hin gebogen. Dadurch wird der an die Membran 13 gekoppelte Übertragungsschip 30 in seinem Zentrum nach unten gedrückt und überträgt so die Kraft auf das Messelement 20, das sich daraufhin verbiegt. Bei einem geringen Druck, beispielsweise zwischen 0 und 2 bar, erfolgt 25 eine Verbiegung des Messelements 20 durch den Bereich 31 des Übertragungselements 30, ohne dass das Anschlagelement 35 mit dem Übertragungselement in Kontakt gerät.

Fig 4b zeigt den Zustand an der Grenze des Niederdruckbereichs, der bei einer weiteren Steigerung des Außendruckes bzw. der Druckdifferenz zwischen Außenraum und 30 Innenraum erreicht wird. Das Zentrum des Übertragungselements 30 ist so weit nach unten gedrückt, dass der Bereich 31 des Übertragungselements 30 das Anschlagelement 35 berührt.

Im Fall eines starren Anschlagelements wird die weitere Auslenkung des Bereichs 21 und die damit verbundene Verbiegung des Messelements 20 durch den Kontakt mit dem Anschlagelement 35 begrenzt.

5

Figur 4c zeigt den Zustand im Hochdruckbereich bei einer Ausgestaltung des Ablenkelements 35 als flexibler Balken bzw. Biegebalken. Hierbei erfolgt eine weitere Auslenkung des Übertragungselements 30, wobei jedoch höhere Drücke erforderlich sind. Durch die härtere Ausgestaltung des Anschlagelements 35 erfolgt nun auch bei sehr hohen Drücken nur eine geringe weitere Verbiegung des ersten Messelements 20 und des Anschlagelements 35, so dass auch in diesem Fall durch das Anschlagelement 35 ein Überlastungsschutz für das Messelement 20 besteht. Gleichzeitig erfolgt durch das als zweites Messelement ausgebildete Anschlagelement 35 eine Messung im Hochdruckbereich.

15

Figur 5 zeigt einen Messchip bzw. Chip 39 gemäß einer weiteren Ausführungsform, der ebenso wie der Chip 38 aus Figur 2 eine Verformungsstruktur ist. Das Messelement 20 mit den Piezowiderständen 21 ist im wesentlichen wie in der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform ausgebildet. Ein Teilbereich des Chips 39 ist als halboffene Membran 39a ausgebildet und wird als zusätzliches Verformungselement für Messungen im Hochdruckbereich verwendet. Die halboffene Membran 39a trägt ebenso wie das Messelement 20 Piezowiderstände 21, die zu einer Wheatstone Brücke verschaltet sind, d.h., es befindet sich je eine Brückenschaltung auf dem Messelement 20 und auf der halboffenen Membran 39a, die ein zweites Messelement bzw. Anschlagelement bildet.

25

Figur 6 zeigt schematisch einen Schnitt durch den Chip 39, der in Figur 5 gezeigt ist. Die halboffene Membran 39a ist etwas dicker ausgestaltet als das erste Messelement 20, das als Balken ausgebildet ist. Die Steifigkeit bzw. Elastizität der halboffenen Membran 39a, die gegenüber dem freien Ende des ersten Messelements 20 liegt, bestimmt den Messbereich, während die Elastizität bzw. Steifigkeit des ersten Messelements 20, die z.B. durch die Länge und/oder die Breite des Balkens bestimmt wird, den Messbereich für den Niederdruckbereich definiert. Wie oben gezeigt, kann an Stelle der halboffenen Membran

39a auch ein zweiter Balken bzw. eine Zunge analog zum ersten Messelement ausgebildet sein.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Figur 1 das Herstellungsverfahren beschrieben.

5

Dabei wird zunächst ein zylindrisches Gehäuse bereitgestellt, das bevorzugt aus Stahl gefertigt ist. Die Oberseite des Gehäuses 11 wird durch die Membran 13 verschlossen, die aus Stahl gefertigt wird und an ihrer Unterseite die Verdickung 42 als Centerboss Struktur trägt.

10

 Das Übertragungselement 30 wird mikrotechnisch als Chip hergestellt, so dass es eine Membran mit einer randlichen Verdickung als Abstandshalter zum darunterliegenden Messchip 38, 39 bildet. In seinem Zentrum wird das Übertragungselement 30 mit Erhebungen bzw. Vorsprüngen versehen, zur späteren mechanischen Ankopplung an die 15 Membranstruktur 13 des Gehäuses 11 einerseits und an das Messelement 20 und das Anschlagelement 35 andererseits.

Der Messchip 38, 39 wird ebenfalls mikrotechnisch aus Silizium hergestellt, wobei in einem Bereich mindestens ein Messelement 20 herausstrukturiert wird.

20

 In einem weiteren Bereich des Messchips 38, 39 wird das Anschlagelement 35 gebildet, das so dimensioniert wird, dass es bei einer Messung im Niederdruckbereich die Auslenkung des Übertragungselementes 30 nicht behindert, während es bei Überschreitung eines Grenzdrucks mit dem Übertragungselement 30 in Kontakt gerät.

25

Der Messchip 38, 39 wird auf einer Grundplatte 40 befestigt, die eine elektrische Durchführung aufweist bzw. bildet. Damit wird der elektrische Kontakt zwischen dem oder den Messelementen und dem Außenraum hergestellt.

30

Nun wird das Übertragungselement 30 von unten, d.h. von der zur Membran 13 gegenüberliegenden Seite, in das Gehäuse 11 eingeführt, wobei ein Vorsprung 11a im oberen Randbereich des Gehäuses 11 den weiteren Vorschub begrenzt. Anschließend

oder gleichzeitig mit dem Einschieben des Übertragungselements 30 wird die elektrische Durchführung 40 mit dem darauf angebrachten Messchip 38, 39 in das Gehäuse 11 eingeschoben. Der weitere Vorschub wird durch den verdickten Randbereich 23 des Übertragungselements 30 begrenzt, wenn die elektrische Durchführung 40 mit dem darauf befindlichen Messchip 38, 39 ihre Endposition erreicht hat.

10 Anschließend wird ein Ring oder eine Hülse 43, die dem Innendurchmesser des Gehäuses 11 angepasst ist, eingeschoben und mit dem Gehäuse 11 verschweißt. Die Hülse 43 dient zum Festhalten der eingeschobenen Elemente im Gehäuse 11, wobei die verschiedenen Elemente durch die Vorsprünge 11a und die Hülse 43 genau positioniert bzw. fixiert sind.

15 Eines oder mehrere der eingeschobenen Elemente und/oder der Membran 13 bzw. der Verdickung 42 werden mit einem Vorhalt gefertigt, so dass nach dem Einschieben und fixieren die Stahlmembran bzw. Membran 13 etwas nach außen gedrückt wird. Dadurch werden Fertigungstoleranzen kompensiert, die z.B. im Bereich von 10  $\mu$  liegen können.

20 Der piezoresistiv arbeitende Drucksensor ist in SOI-Technologie gefertigt und hat eine Auflösung von 0,01 bar. Bei einer Ausgestaltung des Anschlagelements 35 als weiteres Messelement hat der Drucksensor einen zusätzlichen Messbereich, der beispielsweise 10 bis 100 mal größer ist als der erste Messbereich.

25 In den konkreten Ausführungsformen haben die Chips einen Temperaturbereich von -50°C bis 350°C und die Membran arbeitet im Temperaturbereich zwischen -50°C und 450°C.

30 Damit ist der Drucksensor auch für Messungen im Brennraum von Brennkraftmaschinen bzw. Verbrennungsmotoren geeignet. Allgemein ist der Sensor zur Druckmessung mit stark unterschiedlichen Messbereichen verwendbar, die sich um Größenordnungen unterscheiden können.

**Patentansprüche**

1. Drucksensor, mit

5 einem Gehäuse (11), dessen Innenraum durch eine Membran (13) verschlossen ist,  
und

Mitteln (21) zur Erzeugung eines Signals bei einer Verformung der Membran (13),  
**gekennzeichnet durch,**

10 ein verformbares Meßelement (20), das zusätzlich zur Membran (13) angeordnet und  
an die Membran (13) gekoppelt ist, wobei die Mittel (21) zur Signalerzeugung an das  
Meßelement (20) gekoppelt sind, um bei dessen Verformung das Signal zu erzeugen.

2. Drucksensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßelement (20) ein  
biegbarer Balken ist, dessen eines Ende frei schwebt.

15

3. Drucksensor nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein Anschlagelement  
(35), das bei einer definierten Verformung des Meßelements (20) der Verformungskraft  
entgegenwirkt.

20

4. Drucksensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Anschlagelement  
(35) ein zweites flexibles Meßelement ist, das härter oder biegesteifer als das erste  
Meßelement (20) ist.

25

5. Drucksensor nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das  
Anschlagelement (35) eine halboffene Membran oder ein biegarer Balken ist, dessen  
eines Ende frei schwebt.

30

6. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß das erste Meßelement (20) und/oder das Anschlagelement (35) mit ein oder  
mehreren piezoelektrischen Elementen versehen sind.

7. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Signalerzeugungsmittel (21) Piezowiderstände sind, die zu einer Wheatstone

Brücke verschaltet sind.

8. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Übertragungselement (30) zur Kraftübertragung von der Membran (13) zum Meßelement (20) und/oder zum Anschlagelement (35).

9. Drucksensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungselement (30) eine definierte Elastizität oder Biegesteifigkeit hat, um den Meßbereich oder die Meßbereiche des Drucksensors zu bestimmen.

10

10. Drucksensor nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungselement (30) als Membran und/oder als Chip ausgestaltet ist und seine Dicke zur Bestimmung des Meßbereichs oder der Meßbereiche des Drucksensors definiert ist.

15

11. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Meßelement (20) und/oder das Anschlagelement (35) als Balken oder Zunge in einem Chip ausgestaltet ist, bevorzugt in einem einzigen Chip.

20

12. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er mindestens zwei Meßbereiche hat, die bevorzugt 0 bis 10 bar, insbesondere 0 bis 2 bar, und 0 bis 300 bar, insbesondere 0 bis 200 bar, abdecken.

25

13. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er einen Überlastschutz hat, der bevorzugt im Bereich von ca. 300 bar, insbesondere im Bereich von 250 bar, liegt.

14. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die verformbare Membran (13) aus Stahl gefertigt ist.

30

15. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines seiner Elemente wie Membran, Übertragungselement,

Meßelement oder Anschlagelement mit einem Vorhalt gefertigt ist, um bei der Kopplung Fertigungstoleranzen auszugleichen, wobei die Membran (13) aufgrund des Vorhalts leicht nach außen gewölbt ist.

- 5 16. Verfahren zur Herstellung eines Drucksensors, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:  
Bereitstellen eines Gehäuses (11) mit einem Innenraum (12), der durch eine Membran (13) verschlossen oder verschließbar ist;  
Bereitstellen einer Tragestruktur (40), die auf ihrer Oberseite mindestens ein biegbares  
10 Meßelement (20) trägt;  
Einbringen der Tragestruktur (40) mit dem biegbaren Meßelement (20) in das Gehäuse (11); und  
Verschließen des Innenraums (12).
- 15 17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Tragestruktur (40) ein Anschlagelement (35) und/oder ein zweites biegbares Meßelement angeordnet wird, das im eingebauten Zustand ab einem vorgegebenen Druck auf die Membran (13) einer Verformungskraft entgegenwirkt.
- 20 18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Herstellung Fertigungstoleranzen durch einen Vorhalt ausgeglichen werden, und die Membran (13) leicht nach außen gedrückt wird.
- 25 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Einbringen der Tragestruktur (40) eine Fixierung durch einen Ring oder eine Hülse (43) erfolgt.
- 30 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (13) mit dem Gehäuse (11) verschweißt wird.

21. Verwendung eines Drucksensors, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 15, zur Messung des Drucks im Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine.

22. Verbrennungskraftmaschine, gekennzeichnet durch einen Drucksensor, insbesondere

5 gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, zur Messung des Drucks im Brennraum.

### **Zusammenfassung**

Es wird ein Drucksensor (10) vorgeschlagen, mit einem Gehäuse (11), dessen Innenraum (12) durch eine Membran (13) verschlossen ist, und mit einem separat angeordneten,

5 flexiblen Messelement (20). Der Drucksensor hat weiterhin ein Übertragungselement (30), das als Chip ausgestaltet ist und zur Kraftübertragung von der Membran (13) auf das Messelement (20) dient. Ein Anschlagelement (35) gerät bei einer definierten Verformung des Messelements (20) mit einem Bereich (31) des Übertragungselement (30) in Kontakt und wirkt der ausgeübten Kraft entgegen. Es bildet somit einen Überlastungsschutz. Das  
10 Anschlagelement (35) kann als Biegebalken ausgestaltet sein und/oder ein zweites Messelement bilden, wobei das erste Messelement (20) zur Messung relativ niedriger Drücke und das zweite Messelement bzw. Anschlagelement (35) zur Messung relativ hoher Drücke ausgelegt ist. Der Drucksensor (10) hat in diesem Fall mehrere Messbereiche.

[Fig. 1]

15

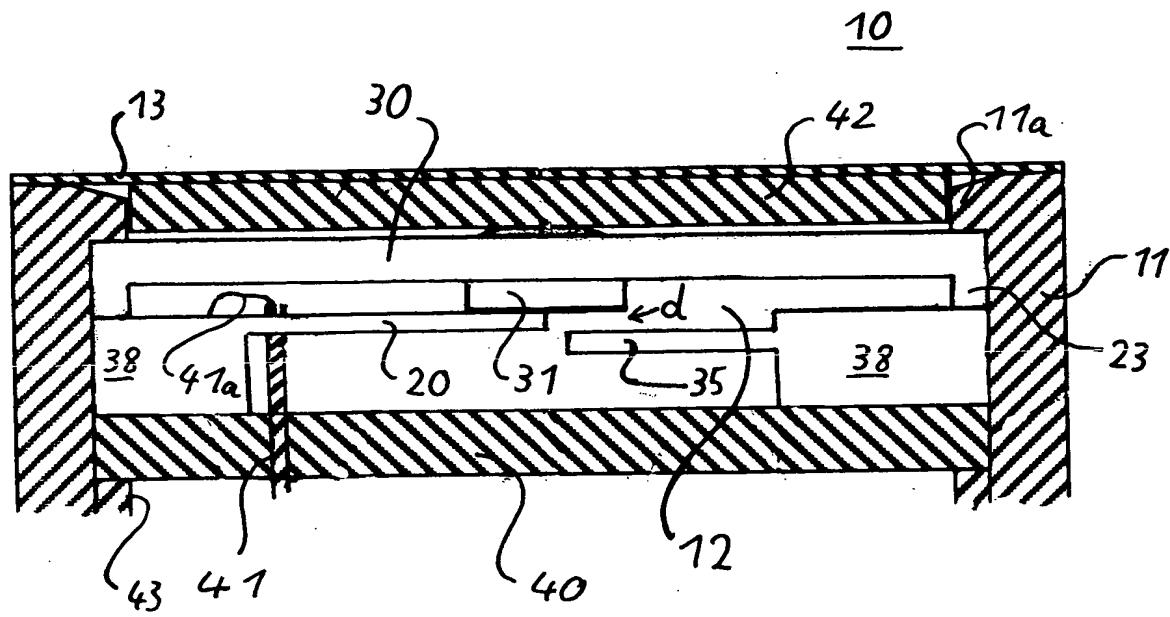


Fig. 1

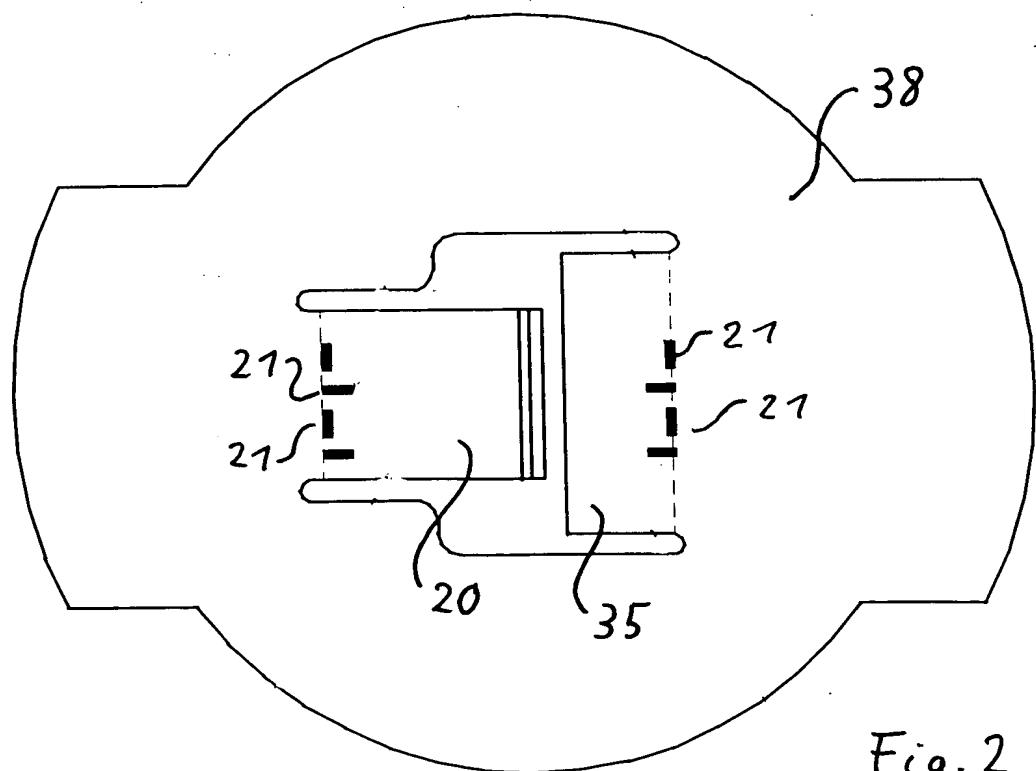


Fig. 2

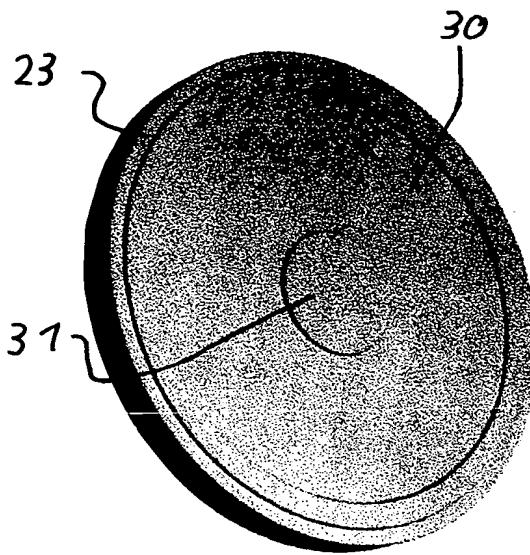


Fig. 3

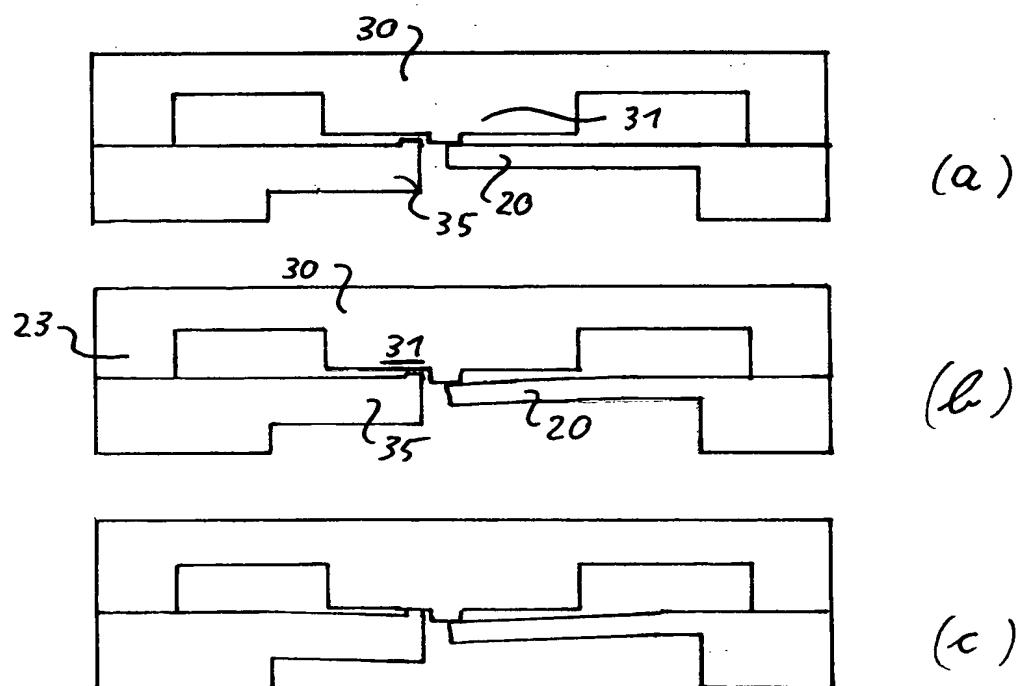


Fig. 4

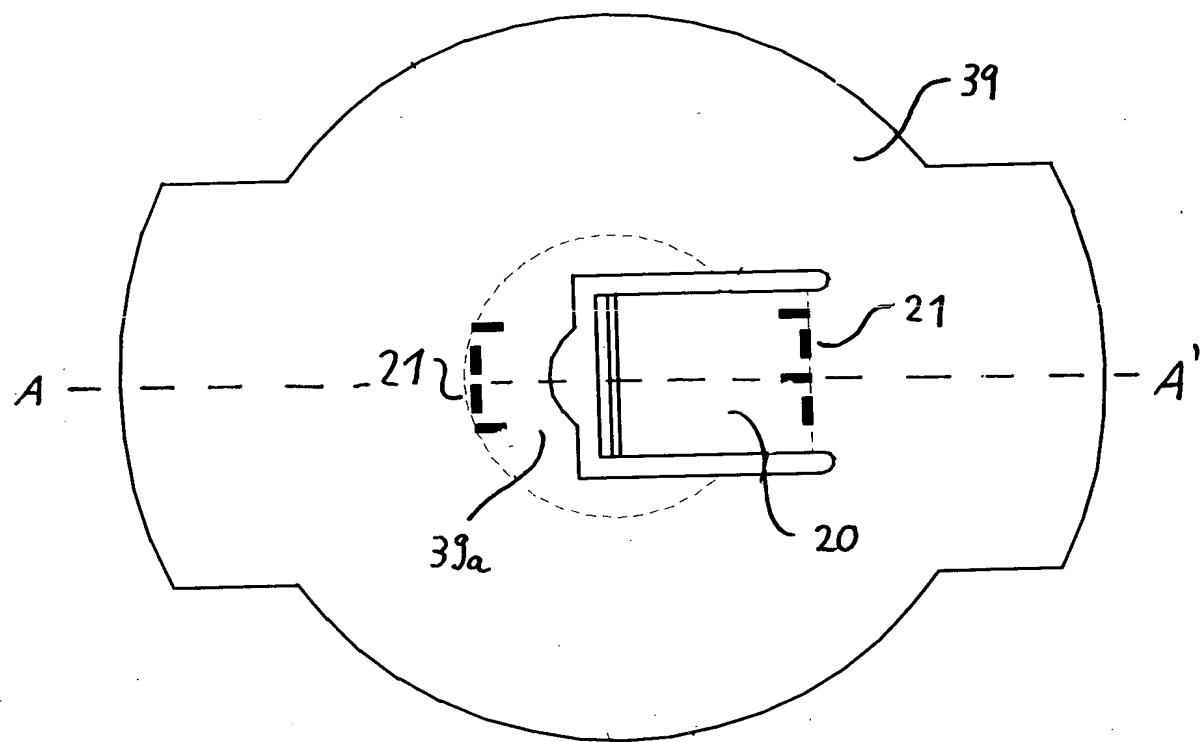


Fig. 5

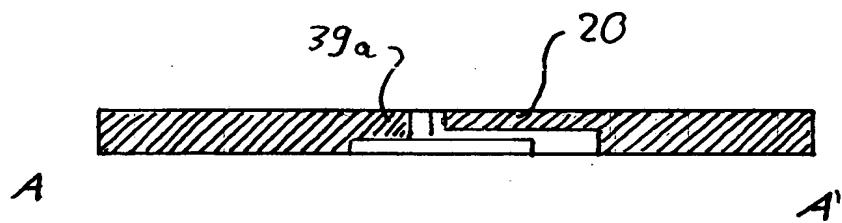


Fig. 6